ANEXO XIII

CONTROL DE EROSIÓN EN TALUDES Y REVEGETACIÓN DE PLATAFORMAS CON LA UTILIZACIÓN DE ESPECIES NATIVAS

Golder Associates

Control de Erosión en Taludes y Revegetación de Plataformas
Con la utilización de Especies Nativas
Ensayo de Investigación

Informe Final
Período Abril-Agosto 2010

Presentado al Departamento de Ambiente
Minera Panamá

Contratista
Nativaes S.A.
Empresa especialista en especies nativas

Panamá, 18 de septiembre de 2010.

Control de Erosión en Taludes y Revegetación de Plataformas

Con la Utilización de Especies Nativas

Tabla de Contenidos

Introducción ……………………………………………………………………….3

Descripción del Area…………………………………………………………….....3

Objetivos……………………………………………………………………….....4

Justificación………………………………………………………………………..4

Metodología

Identificación de las Especies que se encuentran regenerando en el sitio……....5

Experimento a nivel del vivero ………………………………………………….5

Experimento en campo:…………………………………………………………6

Resultados a nivel del vivero ………………………………………………….....8

Establecimiento de Ensayo en Campo …………………………………………...14

Análisis y Resultados del Experimento en Campo …………………………………….20

Incidencia de Luz Solar ……………………………………………………..20

Crecimiento y Sobrevivencia ………………………………………………..25

Literatura Consultada……………………………………………………………..27

Anexo Fotográficos

Producción en Vivero………………………………………………………… 28

Parcelas en Taludes……………………………………………………………….30

Control de Erosión en Taludes y Revegetación de Plataformas

Con la Utilización de Especies Nativas

Introducción

El problema de la erosión en nuestro país afecta de forma directa a la mayor parte de las construcciones de caminos y carreteras que se realizan a nivel nacional, sin embargo, el manejo y los procedimientos que se dan para controlar la erosión todavía no se encuentran estandarizados y actualmente no se puede hablar o proceder de una forma clara en el tema.

Se han realizado muchos trabajos de control de erosión, sobre todo en la construcción de autopistas y cercas de algunas urbanizaciones, algunos de los cuales utilizando hidrosiembra, otros con biomantas de fibras de coco y en otros casos sembrando manualmente y colocando varas de bambúes. A pesar de que algunos de ellos se pueden ver de forma mas o menos satisfactoria, lo cierto es que en la mayoría de los casos realmente no presentan buenos resultados.

En cuanto a la parte biológica, es decir, las plantas utilizadas para controlar la erosión, las más utilizadas son algunas especies de gramíneas, sobre todo del género Brachiaria (*B. decumbens*, y *B. humidicola*). El problema es que por lo general las gramíneas son mayormente de áreas secas y para que crezcan de forma adecuada deben tener un tipo de manejo como el corte por el consumo del ganado, ya que esto mantienen a las plantas podadas y pueden desarrollarse de mejor forma. Cuando simplemente se siembran y no se da mantenimiento de corte, crecen y semillan de tal forma que su crecimiento no es homogéneo y no cumplen a cabalidad con el proceso de control de erosión.

Otro de los mecanismos que se han utilizado en otros países como Brazil, Colombia, Estados Unidos es una combinación de especies nativas que presentan diferentes tipos de crecimiento, sobre todo de las raíces, es decir, una combinación entre plantas que tengan raíces superficiales que eviten la erosión superficial y raíces más profundas que puedan darle más estabilidad al talud y evitar derrumbes. Nuestro reto es poder encontrar esas especies que puedan cumplir con esa doble función de una forma mas eficiente.

Descripción del Area:

El área de trabajo que es parte de la concesión de Minera Panamá esta ubicada en la Provincia de Colón, subiendo por Coclé, área de Coclesito y es un área que forma

parte de la Cordillera Central de Panamá. Esta es un área sumamente lluviosa, (mayor de 4,000 mm anuales), y montañosa, perteneciente el Bosque Pre Montano Muy Húmedo Tropical. Estos dos factores, la precipitación y el relieve hacen la combinación perfecta para tener niveles muy altos de erosión.

Gran parte de los taludes a reforestar son básicamente paredes, con ángulos mayores de 70 grados, medianos (de hasta 15 m de altura la mayoría), y como en casi todos los taludes, no cuenta con una capa orgánica, sino que son básicamente parte del subsuelo al descubierto.

Objetivo:

Realizar una investigación en donde se puedan determinar las principales especies nativas del área capaces de crecer y desarrollarse en los taludes y las plataformas de tal forma que puedan controlar la erosión y crear una cobertura vegetal rápidamente. Esta investigación requerirá de la observación de las especies nativas que están regenerando naturalmente en el área, desarrollar un modelo para su reproducción a mayor escala en vivero y poder regresar y revegetar dichas áreas de forma exitosa.

Justificación:

La condición que presentan los taludes en esta zona son muy particulares, sobre todo en cuanto a la fertilidad del suelo (muy baja) y a la precipitación (muy alta). Esta combinación de factores hace que la erosión sea relativamente alta, lo que representa un problema de seguridad ya que son los caminos por donde se transita normalmente para llegar hacia los puntos de trabajo, por lo tanto, se requiere crear un sistema para una revegetación efectiva para controlar la erosión y evitar accidentes causados por derrumbes.

METODOLOGIA

Fase I: ***Identificación de las especies potenciales que se encuentran regenerando en el sitio.***

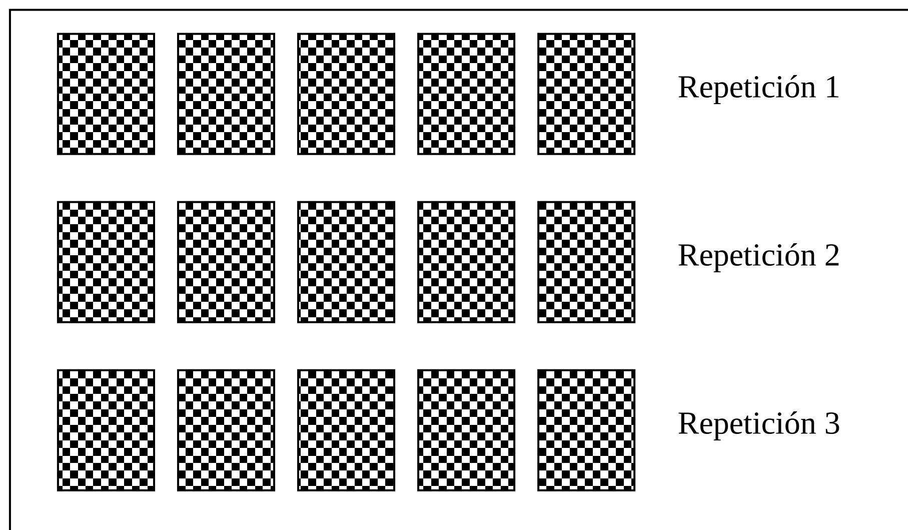
Esta primera fase consistió en la observación de aquellas especies potenciales que están creciendo en los sitios de los taludes y que presentan características apropiadas para ser utilizadas en programas mas controlados sobre el control de erosión. Entre las características que buscamos en aquellas especies están:

a) Presencia abundante en el sitio.
b) Buenas características de crecimiento.
c) Potencial para su reproducción en grandes cantidades.

Fase II*: Experimentos de selección al nivel de vivero:*

a) Sobrevivencia:

Se tomaron 5 bandejas de 32 plantas por cada una de las repeticiones y en total se hicieron 3 repeticiones.



Se midió la cantidad de plantas vivas (en total son 160 en cada una de las repeticiones) cada tres días durante un mes.

(ejemplo de formulario)

	Días									
Repeticiones	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
R1										

R2										
R3										

b) <u>Crecimiento:</u>

Se tomaron 10 plantas de muestras de cada una de las bandejas de medición de sobrevivencia y se midió su crecimiento en altura cada semana.

	Crecimiento en altura en cm.			
R1 – B1	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
# planta				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Las plantas crecieron en vivero durante un período de aproximadamente dos meses, hasta que pudieron desarrollar un buen sistema radicular y presentaron condiciones apropiadas de aclimatación para salir a campo.

Fase III: ***Experimento en campo:***

Distanciamiento/Densidad: Se utilizaron 3 niveles de densidades para la siembra de las plantas. En un área de 4 m^2, (2m x 2m) se ensayaron 3 densidades diferentes, 100 plantas (25 plantas por metro cuadrado), 75 plantas (18.75 por metro cuadrado) y 50 plantas (12.5 plantas por metro cuadrado).

Tratamientos: Se utilizaron 18 tratamientos diferentes y cada tratamiento se repitió 3 veces, lo que nos da un total de 54 parcelas.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes tratamientos:

Especies	Densidad
D. pectinata	100
D. pectinata	75
D. pectinata	50
L. cernum	100
L. cernum	75
L. cernum	50
A. rubricaulis	100
A. rubricaulis	75
A. rubricaulis	50
D. pectinata x L. cernum	100
D. pectinata x L. cernum	75
D. pectinata x L. cernum	50
D. pectinata x A. rubricaulis	100
D. pectinata x A. rubricaulis	75
D. pectinata x A. rubricaulis	50
L. cernum x A. rubricaulis	100
L. cernum x A. rubricaulis	75
L. cernum x A. rubricaulis	50

RESULTADOS

Fase I. Identificación de las especies potenciales que se encuentran regenerando en el sitio.

De acuerdo a las características del crecimiento de las especies en la zona y para efectos de nuestra investigación las hemos clasificado en dos tipos: a) **especies de cobertura** y b) **especies de estabilización**. Las especies de cobertura son aquellas que pueden crecer de forma rastrera, que crean cobertura de forma rápida, con raíces superficiales y que evitan el golpe de las gotas de agua directamente en el talud. Estas especies son las que van a evitar en primera mano la erosión. Hemos identificado a la fecha dos especies que están cumpliendo este papel de forma natural, el *Dicranopteris pectinata*, el cual es un helecho, con un crecimiento sumamente agresivo y en suelos con niveles muy bajos de fertilidad, y el *Lycopodium cernuum*, el cual también presenta estas características, aunque se han observado creciendo mejor en los taludes con menos de 30 grados. Ambas especies presentan características para reproducción en masa. Por otro lado, las especies de estabilización son aquellas especies tipo arbustivas cuyas raíces son más grandes y que pueden penetrar más en el suelo y poder estabilizarlo y evitar pequeños derrumbes. En este caso hemos encontrado especies como *Isertia haenkeana*, *Trema micrantha*, *Clusia rosea* y una especies de la familia de las melastomatáceas, Aciotis rubricaulis**,** que esta regenerando muy bien y que es una hierba que alcanza hasta 60 cm de altura pero con un buen desarrolla radicular.

Fase II*:* *Experimentos de selección al nivel de vivero:*

a) Manejo y Producción en el vivero
   a. Colecta de muestras: Se trabajó en función de la regeneración natural del sitio, es decir, se tomaron plantas ya germinadas en campo, se llevaron al vivero para que continúen creciendo y se están enviando a campo en este momento. Consideramos que este es el sistema más efectivo para este tipo de zona de vida, ya que por ser la precipitación tan alta, también la regeneración natural es muy alta y fácil de trabajar. Las muestras se recogen en horas de la mañana en taludes cercanos a donde vamos a reforestar, se colocaron en recipientes húmedos y se trasladaron al vivero, que es en donde se hizo el repique a los contenedores. Después de tres meses de trabajo se han colectado cerca de 10,500 muestras en

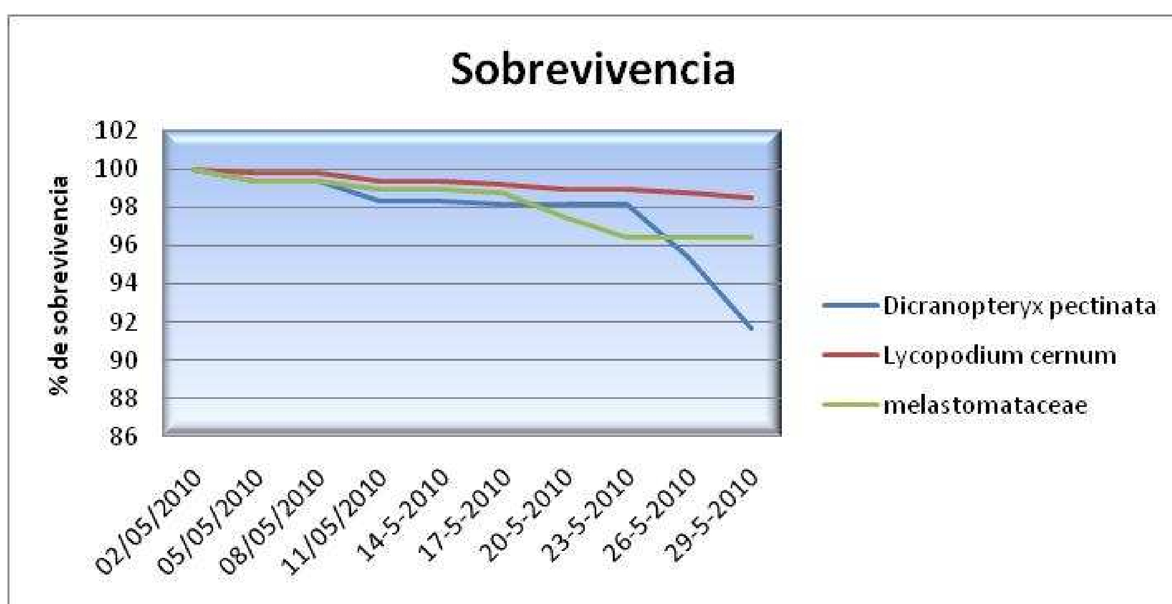
campo, de las cuales ya se han enviado a campo más de 2,000 plantas y todavía se encuentran plantones creciendo en el vivero de las diferentes especies, los cuales forman parte de los experimentos del vivero y muchos están esperando ser enviados a campo para la revegetación de los taludes. A la fecha se han producido 4,500 plantones de *Dicranopterix pectinata*, 2,400 plantones de *Lycopodium cernuum*, 2,200 plantones de *Aciotis rubricaulis*, 600 plantones de Vochysia ferruginea (especie arbórea para la revegetación de las plataformas), pero todavía estamos produciendo las especies arbóreas para las plataformas.

b. Repique o transplante: Se trabajó en un sistema de contenedores o raíz dirigida, lo que nos permite producir un mayor número de plantas en un esfuerzo relativamente bajo. Ya se adquirieron los contenedores, tenemos para cerca de 13,000 plantas. Se tuvo una mortalidad baja precisamente por la abundancia de las lluvias, pero esto es normal en todo proceso de repique. Debido a ciertos resultados de sobrevivencia que hemos observado ante las diferentes condiciones de crecimiento, nos hemos dado cuenta que las condiciones permanentes de luz no son muy apropiadas para el crecimiento de estas especies. Necesitamos establecer un sistema de luz y sombra de tal forma que las plantas reciban luz y también sombra de forma alternada durante varias veces al día.

La sobrevivencia inicial después del repique fue relativamente alta (ver gráfica 1)

Las tres especie mostraron un porcentaje de sobrevivencia mayor del 98% aproximadamente las tres semanas después del repique. Después de este tiempo, el *D. pectinata* empieza a morir rápidamente, *L. cernum* se mantiene muy bien y la melastomatácea tiene una mortalidad también baja. Para efectos de la sobrevivencia al vivero se pueden considerar de excelentes a las tres especies, los niveles de mortalidad que muestra *D. pectinata*, se puede explicar mejor cuando analizamos crecimiento, ya que es donde mejor se notan las tendencias, y que de hecho, para la sobrevivencia, lo mas importante es lo que ocurre durante las dos primeras semanas, ya que lo que ocurre después es debido a otros factores, sobre todo de adaptabilidad y no precisamente a malos manejos.

Gráfica 1. Porcentaje de Sobrevivencia de las tres especies en estudio.

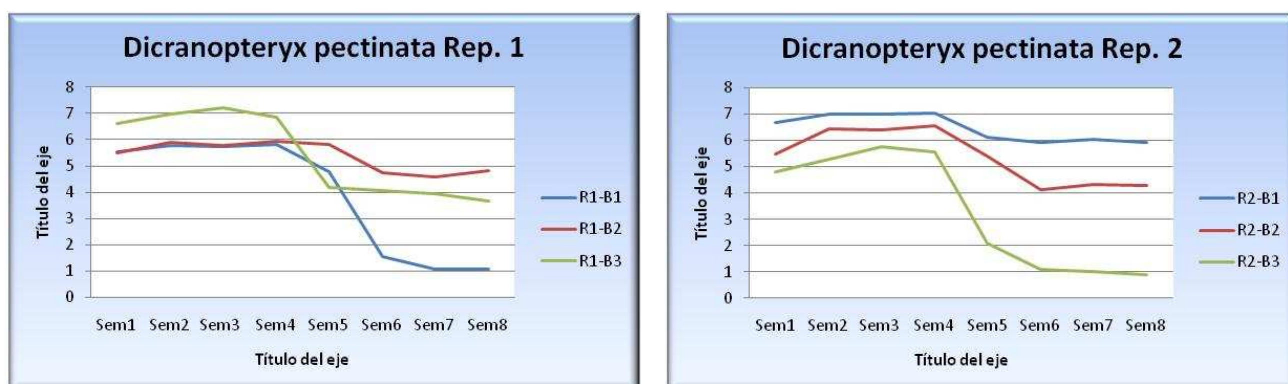


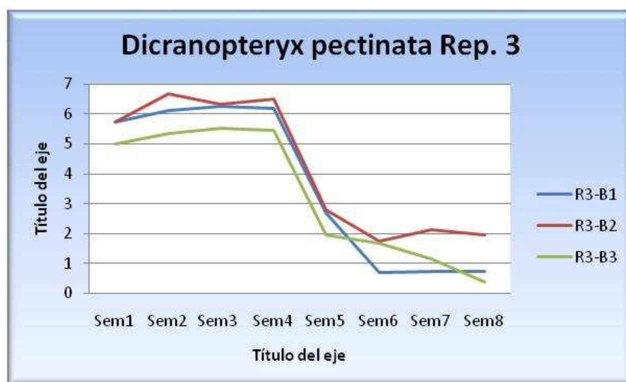
c. Crecimiento: Se evaluó el crecimiento de las tres especies y se pudieron obtener los siguientes resultados:

Dicranopteryx pectinata

Las muestras de esta especie tuvieron un incremento en el crecimiento durante las cuatro primeras semanas, posteriormente a esto empezaron a morir drásticamente, tal como lo muestran las gráficas. Se ha observado que a pesar de que mueren las frondas, todavía en la base, en el rizoma, se encuentra tejido vivo y que eventualmente producen nuevas frondas pero que vienen en un proceso mucho más lento.

Gráfica 2. Crecimiento de *D. pectinata* en vivero.





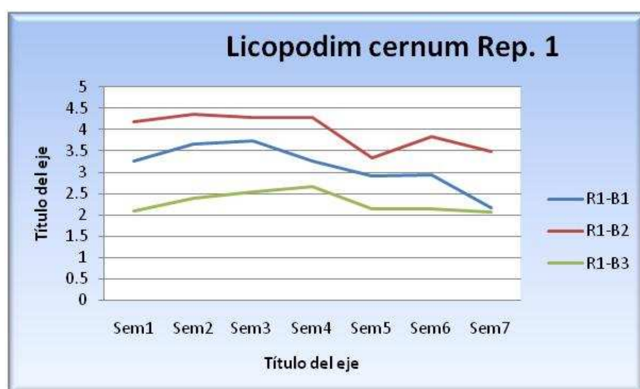
La medida o condición de manejo más apropiada es enviar los plantones a campo después de la tercera semana de estar en el vivero cuando todavía se encuentran en crecimiento y evitar que inicie el período de mortalidad para esta especie.

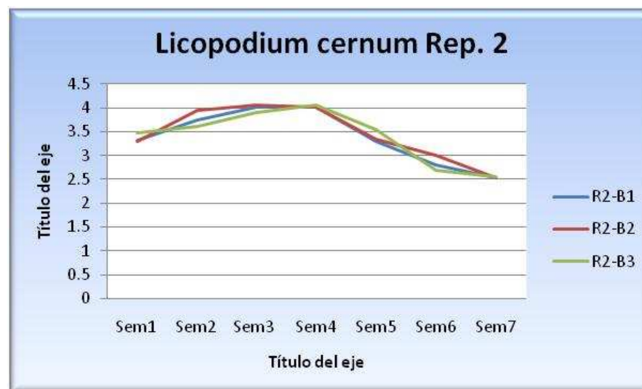
Lo que se ha estado haciendo con el resto de las plantas que se llevan al vivero, se mantienen por las tres semanas y se envían a campo antes de la cuarta semana. Creemos que a pesar de que es una solución práctica es necesario seguir investigando en este tema, ya que para este tiempo los plantones no han crecido mucho y pensamos por las observaciones de campo que si logramos enviar helechos más grandes los resultados en campo serían mucho más efectivos.

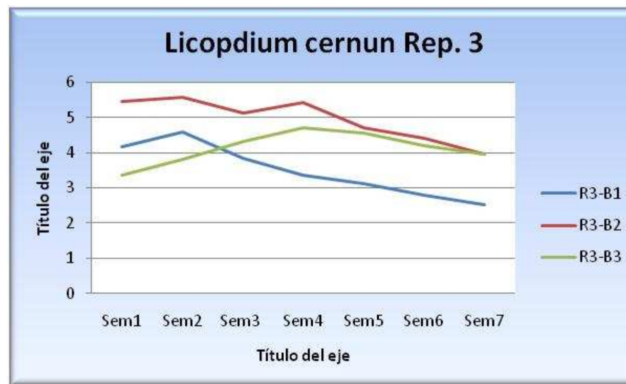
Licopodium cernum

En el caso de *L. cernum* ocurre un fenómeno muy parecido al *D. pectinata*, sólo que *L. cernum* el decrecimiento es mucho menor y se mantiene más estable. Lo que ocurre con *L. cernum* es que se muere el ápice y la parte superior de las ramitas, sin embargo, en muchas ocasiones no llega hasta la base e inicia un crecimiento más rápido. Además esta especie tiene una mayor capacidad de rebrotar y producir nuevos plantones.

Gráfica 3. Crecimiento de *L. cernum*.





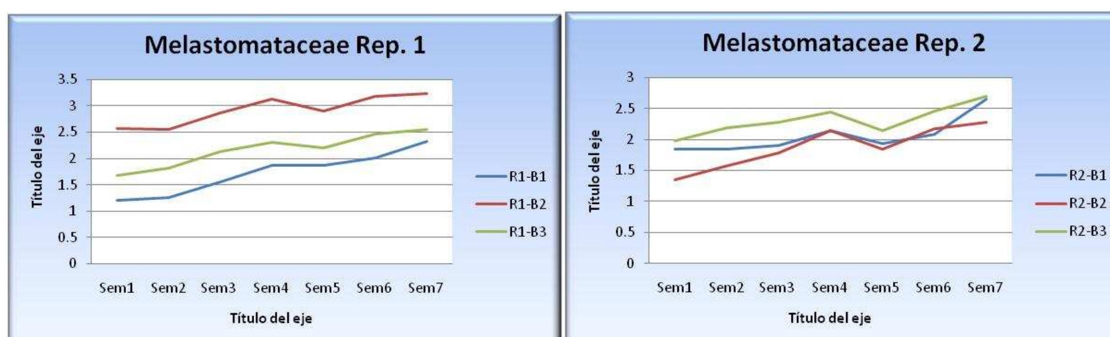


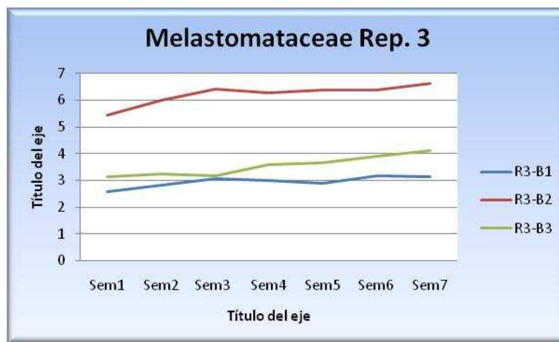
Tanto en el caso del *D. pectinata* como en el *L. cernum* lo que hemos observado después de la cuarta semana es una especie de decrecimiento, lo que se evidencia por que se van muriendo los tejidos superiores.

Aciotis rubricaulis (Melastomataceae)

La melastomatácea utilizada tiene un tipo de crecimiento más "normal" a lo que esperamos ocurra. En el período de medición que fue durante 7 semanas se observó un crecimiento de entre un 75% y un 120% en casi todas las muestras y todavía continuaba creciendo. Las plantas que fueron obtenidas de campo fueron entre 1-2 cm de altura. Debido a que las muestras se están llevando al mismo tiempo para el establecimiento de los taludes estas plantas se están llevando entre 3-6 cm de altura. Lo que recomendamos es tratar de llevar las melastomatáceas de más de 20 cm de altura, no sólo para que se pueda estabilizar mejor, sino para que pueda ayudar al establecimiento de las demás especies.

Gráfica 4. Crecimiento de *Aciotis rubricaulis* (Melastomataceae)





Fase III: ***Experimento en campo***

El establecimiento de los taludes se va a realizar de la siguiente manera: Tres (3) especies diferentes (*D. pectinata*, *L. cernum* y la melastomatácea), se plantarán cada una sola y las combinaciones de parejas posibles de las tres especies, tres densidades, 100 plantas por $4m^2$, 75 plantas por $4m^2$, y 50 plantas por $4m^2$, y finalmente tres combinaciones de cada una. Hasta la fecha se han establecido los siguientes experimentos:

Talud	Control de erosión	Especies	Densidad	Fecha de siembra
T-9	CE-01	***Dicranopteryx-Lycopodium***	100	02-jun-10
T-9	CE-02	***Aciotis-Lycopodium***	75	04-jun-10
T-9	CE-03	***Dicranopteryx***	50	04-jun-10
T-10	CE-04	***Dicranopteryx***	100	05-jun-10
T-10	CE-05	***Dicranopteryx***	75	05-jun-10
T-7	CE-06	***Lycopodium***	100	07-jun-10
T-7	CE-07	***Aciotis***	50	07-jun-10
T-7	CE-08	***Lycopodium***	100	07-jun-10
T-6	CE-09	***Lycopodium***	50	08-jun-10
T-6	CE-10	***Aciotis-Lycopodium***	75	08-jun-10
T-8	CE-11	***Aciotis-Dicranopteryx***	50	08-jun-10
T-8	CE-12	***Aciotis-Dicranopteryx***	100	18-jun-10
T-8	CE-13	***Aciotis-Dicranopteryx***	75	18-jun-10
T-8	CE-14	***Aciotis***	50	18-jun-10
T-8	CE-15	***Aciotis***	100	19-jun-10
T-8	CE-16	***Aciotis***	50	19-jun-10
T-8	CE-17	***Aciotis***	75	20-jun-10
T-8	CE-18	***Lycopodium***	75	20-jun-10
T-9	CE-19	***Lycopodium***	50	21-jun-10
T-9	CE-20	***Lycopodium***	75	21-jun-10
T-9	CE-21	***Lycopodium***	50	21-jun-10
T-9	CE-22	***Lycopodium***	100	22-jun-10
T-8	CE-23	***Lycopodium***	75	22-jun-10
T-10	CE-24	***Aciotis-Lycopodium***	50	04-jul-10
T-10	CE-25	***Aciotis***	75	04-jul-10
T-10	CE-26	***Aciotis-Lycopodium***	50	04-jul-10
T-1	CE-27	***Dicranopteryx***	100	06-jul-10
T-1	CE-28	***Aciotis-Dicranopteryx***	50	06-jul-10
T-1	CE-29	***Aciotis***	75	06-jul-10
T-5	CE-30	***Dicranopteryx***	100	16-jul-10
T-5	CE-31	***Dycranopteryx-Lycopodium***	75	16-jul-10
T-5	CE-32	***Aciotis-Lycopodium***	50	16-jul-10
T-5	CE-33	***Aciotis-Lycopodium***	75	17-jul-10
T-5	CE-34	***Aciotis-Dicranopteryx***	50	17-jul-10
T-6	CE-35	***Aciotis***	100	19-jul-10
T-6	CE-36	***Dycranopteryx***	75	19-jul-10
T-6	CE-37	***Dicranopteryx-Lycopodium***	100	19-jul-10
T-6	CE-38	***Dicranopteryx-Lycopodium***	50	19-jul-10
T-6	CE-39	***Aciotis***	100	20-jul-10
T-6	CE-40	***Aciotis-Dicranopteryx***	100	20-jul-10
T-6	CE41	***Aciotis-Dicranopteryx***	75	20-jul-10
T6	CE-42	***Dicranopteryx***	50	20-jul-10

Talud	Control de erosión	Especies	Densidad	Fecha de siembra
T-7	CE-43	***Aciotis-Lycopodium***	100	21-jul-10
T-7	CE-44	***Aciotis-Dicranopteryx***	75	21-jul-10
T-7	CE-45	***Dicranopteryx***	50	21-jul-10
T-8	CE-46	***Dicranopteryx-Lycopodium***	100	02-ago-10
T-8	CE-47	***Dycranopteryx***	75	02-ago-10
T-8	CE-48	***Dicranopteryx-Lycopodium***	50	02-ago-10
T-8	CE-49	***Dycranopteryx-Lycopodium***	75	05-ago-10
T-8	CE-50	***Aciotis-Dicranopteryx***	100	05-ago-10
T-8	CE-51	***Dicranopteryx-Lycopodium***	50	05-ago-10
T-8	CE-52	***Aciotis-Lycopodium***	100	05-ago-10
T-8	CE-53	***Aciotis-Lycopodium***	100	06-ago-10
T-8	CE-54	***Dicranopteryx-Lycopodium***	75	06-ago-10

T-x significa el talud donde se están estableciendo los experimentos, los CE (Control de Erosión) son los códigos únicos de cada uno de los experimentos, las especies y combinaciones, las densidades (100, 75 y 50) son las cantidades de plantas por cada $4m^2$.

Marcación de los Taludes: Se marcaron todos los taludes (25 en total) en el área de Botija para poder mantener una ubicación exacta sobre dónde se establecerían los experimentos. En algunos taludes se están estableciendo experimentos, en otros taludes no se están estableciendo experimentos y es posible de que en un solo talud se hagan varios experimentos.



Los códigos de los taludes son solamente con la letra T- y el número asignado al talud. Esto

es solamente para una referencia.

Establecimiento de los Experimentos: Se establecieron las 54 parcelas en 10 de los taludes del área de botija.



Apertura de los huecos en los taludes. Esta es la forma de cómo se abrieron los huecos, tienen aproximadamente 10 cm de profundidad por 7 cm de diámetro.



Talud con Huecos: Vista de un talud con preparado con huecos en el área de $4m^{2.}$



Inoculación con suelos del bosque. Debido a que en los taludes no queda materia orgánica se tomó tierra del bosque cercano y se puso en el interior de los huecos.





Siembra de las plántulas:

Cada una de las plántulas se sembraron en sus respectivos huecos de acuerdo con el tratamiento correspondiente.Siembra de Plántulas



Asignación de Códigos a cada una de las parcelas. La enumeración va desde CE-1 a CE-54



Siembra de los taludes

Análisis y Resultados del Experimento en Campo

A. **Incidencia de Luz Solar**

Uno de los Factores más claves que pudimos observar en el crecimiento y desarrollo de las especies fue la exposición de la luz solar en los taludes.

Horas de luz solar en cada parcela de investigación en talud del área de Botijas.

Horas de sol en T-1: en este talud tenemos un porcentaje de luz directa de aproximadamente 1 a 2 horas diarias, que estaría entre las ***10: am a 12: md.***



Horas de sol enT-4: en este talud la luz le da directamente en horas del medio día en adelante, entre las ***10: am*** hasta horas de la tarde.



El talud-4 es el de la izquierda en este talud no se estableció parcela ya que está cubierto con biomanta

Horas de sol en talud-5: en este talud tenemos el caso de que está ubicado en una curva de la carretera dándole dos caras casi opuestas, una que le da el sol en la mañana y otra que le da el sol en la tarde.



En estas imágenes podemos observar las dos caras del talud. En de la izquierda le da el sol desde la mañana como desde las ***7:30 am*** hasta como las ***2: pm*** y el lado de la derecha le da el sol en horas como desde ***11: am*** hasta horas de la tarde.

Horas de sol en talud-6: el sol le da desde las ***9:30 -10: am*** en adelante hasta horas de la tarde.



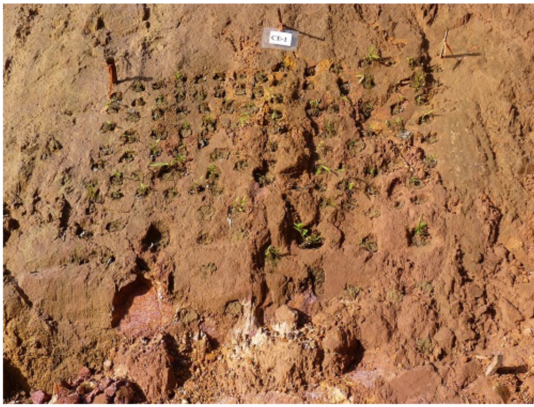
Horas de sol en el Talud 7: en este talud el sol da casi todo el día pero más fuerte en horas de la tarde.

Horas de sol en talud 8: en este talud el sol da desde las ***9:00-10: am*** hasta las ***2: pm*** en tarde no da directamente.



Horas de sol en talud 9: este talud tiene dos caras una que da el sol en la mañana y otro que da en horas de la tarde.





T-9 CE-1 ubicado en la parte del T-9 que da el sol en la mañana directamente y en la tarde da pero con menos intensidad.

Horas de sol en el Talud 10: en este talud da el sol en horas de la tarde desde las ***11:00-12: md*** en adelante.

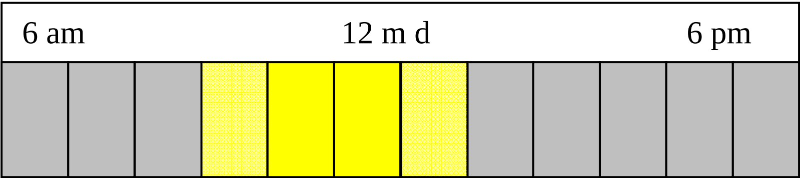


Barras de Incidencia de Luz Solar

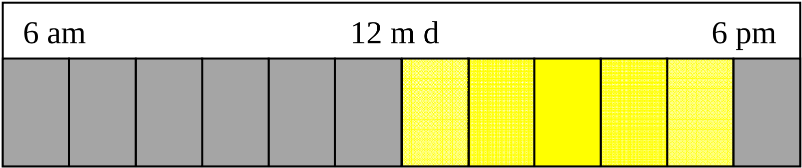
A continuación se presentan unas barras con incidencias de luz solar en los taludes y las parcelas.

Cada Barra representa un horario comprendido entre las 6:00 am y 6:00 pm, en donde los cuadros grises representan horas de sombra y los cuadros amarillos horas de luz.

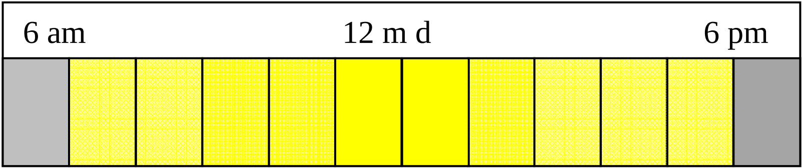
Talud 1: (CE-27, 28, 29)



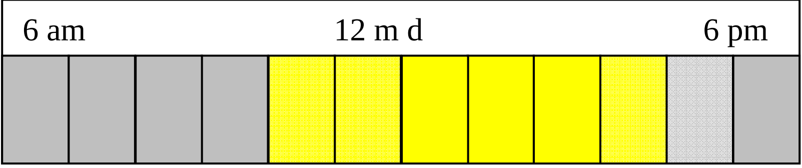
Talud-5. (CE-30, 31, 32, 33)



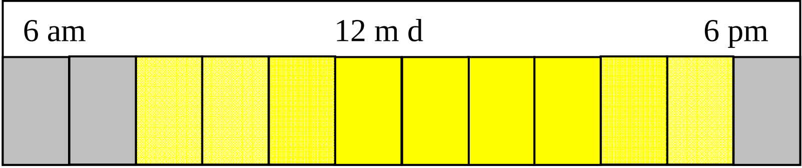
Talud-5. (CE-34)



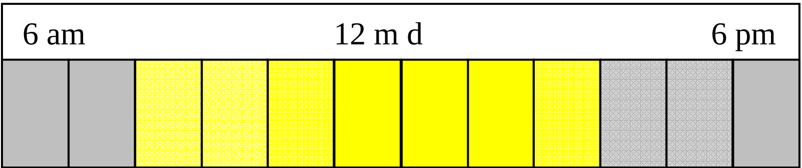
Talud-6.(CE-42, 10, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 9)



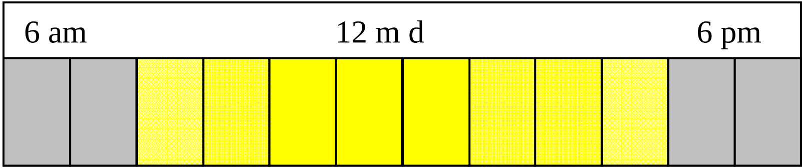
Talud-7. (CE-6, 7, 8, 43, 44, 45)



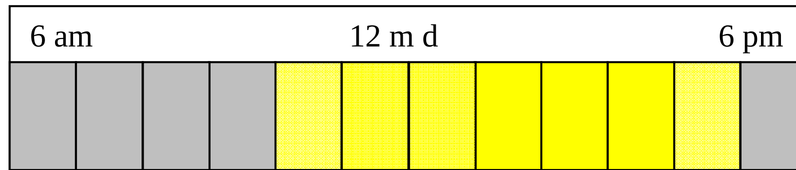
Talud-8. (CE-11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54)



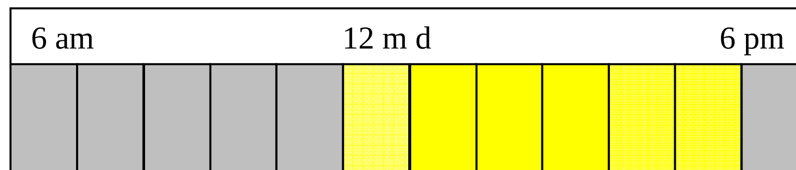
Talud-9. (CE-1, 2)



Talud-9. (CE-3, 19, 20, 21, 22)



Talud-10 (CE-4, 5, 24, 25, 26)



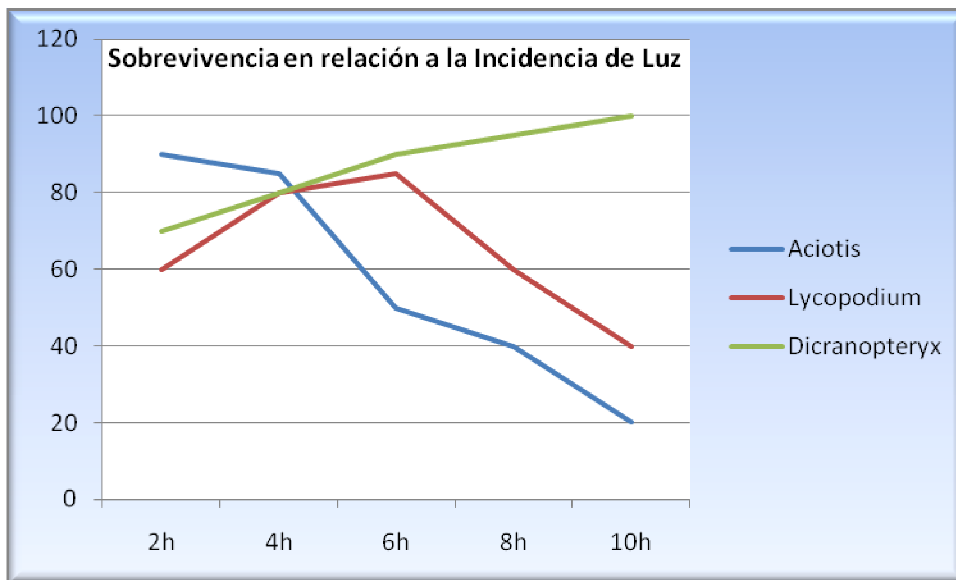
B. Crecimiento y Sobrevivencia

Los análisis que se presentan a continuación son el resultado de alrededor de dos meses de mediciones y observaciones de las especies en campo. El crecimiento fue muy lento y básicamente las especies tomaron casi 1 mes para adaptarse a la condición de sitio para depués mostrar algunas reacciones en cuanto a su crecimiento.

Lo que se puede observar es que para las tres especies seleccionadas, Aciotis rubricaulis, Lycopodium cernun y Dicranopteryx pectinata es sumamente importante la incidencia de luz solar sobre los taludes para determinar su sobrevivencia y crecimiento.

En la gráfica que se presenta a continuación tenemos el porcentaje de sobrevivencia de las tres especies en campo. En el eje y tenemos el porcentaje de sobrevivencia, y en el eje x la cantidad de luz, en términos de horas que le dan a cada una de las parcelas.

Se puede observar que D. pectinata es evidentemente una especie heliófila, su sobrevivencia aumenta en la medida de que aumenta la exposición a la luz solar, en cambio con A. rubricaulis ocurre todo lo contrario, es una especie que muestra mayor sobrevivencia a mayor sombra y más mortalidad a medida de que tenga mayor exposición solar. En el caso de L. cernum prefiere las áreas intermedias, con cerca de 4-6 horas de sol diarias, aunque con esta especie fue sumamente importante el ángulo de corte del talud, ya que crece mejor en los taludes que no están tan inclinados



En cuanto a las densidades de siembra se obtendrán mayores resultados con los análisis de los siguientes meses, pero la densidad que mostró mejor condición fue la de 100 plantas por los 4 m^2 y después la de 75 plantas por 4m^2.

En base a estos resultados preliminares y para efectos prácticos podemos crear una tabla de apoyo para la siembra de la siguiente manera:

horas sol	Tratamientos	Proporción
10h +	D. pectinata	100
8-10h	D. pectinata	100
6-8h	D. pectinata	100
6-8h	D. pectinata x L. cernum	60-40
4-6h	D. pectinata x A. rubricaulis	50-50
2-4h	A. rubricaulis x L. cernum	60-40
0-2h	A. rubricaulis	100

En esta tabla podemos observar por ejemplo, que en taludes donde hay una exposición solar entre 8-10 horas diarias es mejor sembrar solamente D. pectinata. En el caso de tener taludes que le den entre 6-8 horas de sol y si la inclinación del talud es menor de 45-50º se puede utilizar una combinación entre D. pectinata x L. cernum a una proporción de 60-40, si el ángulo de corte del talud es superior a esto es mejor solamente utilizar D. pectinata. Y así se puede observar sucesivamente en la tabla de valores que hemos creado.

Literatura Consultada

Erosion Control and Revegetation Methodology Techniques and Materials, Chapt. III.36 pg.

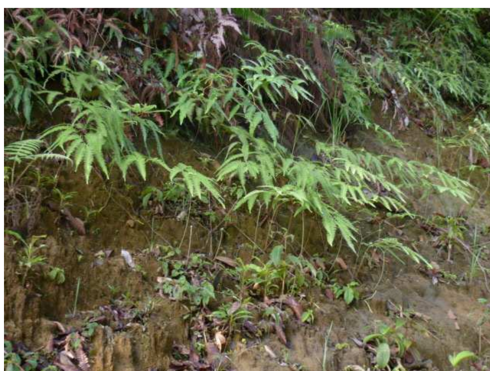
Harrison, B. (1993) ‘Tree planting for erosion control’ In D. Race (ed.), *Agroforestry. Trees for productive farming*. Agmedia, Melbourne.

Martin D, and Robinson J, 2001. Enhancing Streams by Revegetating and Erosion Control.

Mukhtar S. 2008. Using Compost for Erosion Control and Revegetation.

U.S. Department Of Transportation. 2003. Erosion Control Handbook, Manual Number 2003-08.

ANEXO FOTOGRAFICO



Plántula de *Dicranoptexis pectinata*



Plántula de *Lycopodium cernuun* regenerando en campo



Aciotis rubricaulis creciendo en campo



Plántula de *Dicranoptexis pectinata* creciendo en el vivero



Plántula de *Lycopodiym cernuum* creciendo en vivero



Plántula de una *A. rubricaulis* creciendo en vivero


Vista general de crecimiento en el vivero


Vista general del Crecimiento en el Vivero

Taludes Establecidos

Los siguientes son los experimentos establecidos.





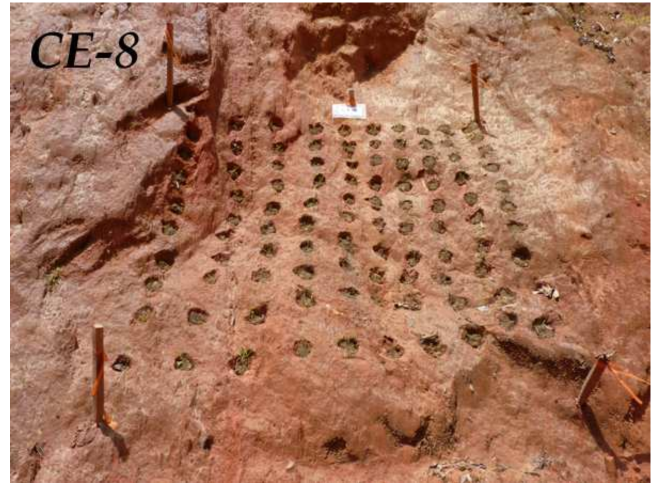









CE-7


CE-8

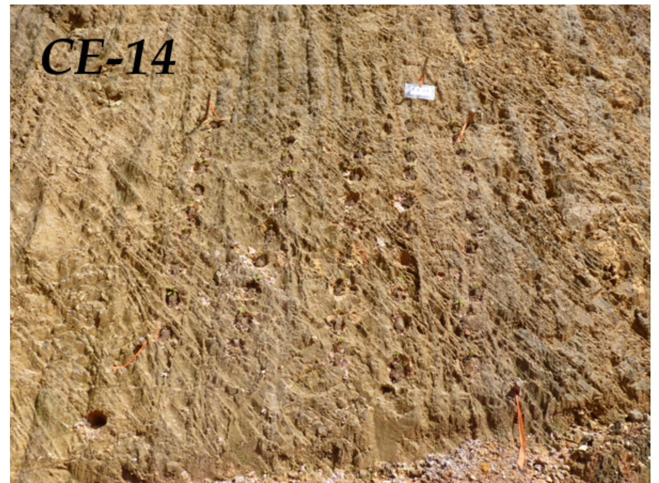

CE-9


CE-10


CE-11


CE-12

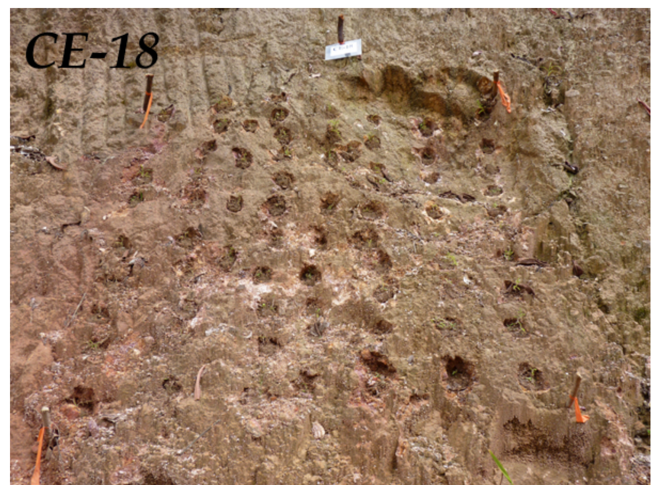

CE-13


CE-14


CE-15


CE-16


CE-17


CE-18

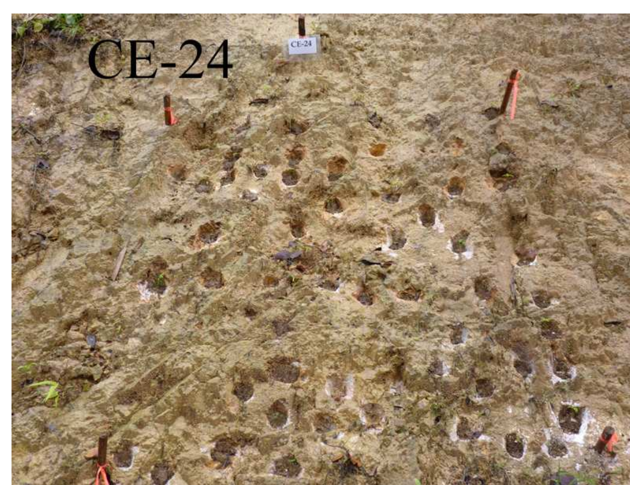

CE-19

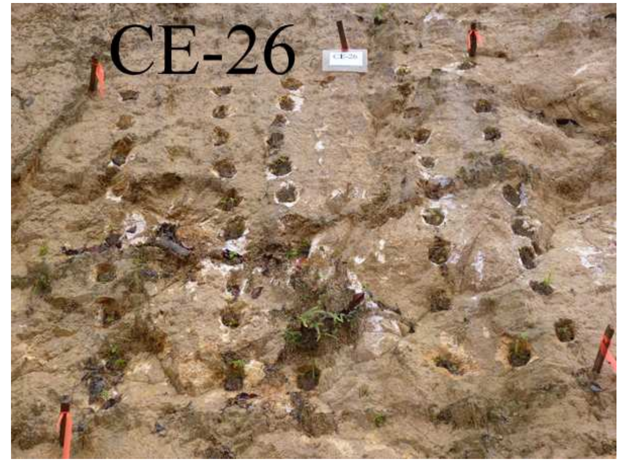

CE-20


CE-21


CE-22


CE-23


CE-24


CE-25

CE-26

CE-27

CE-28

CE-29

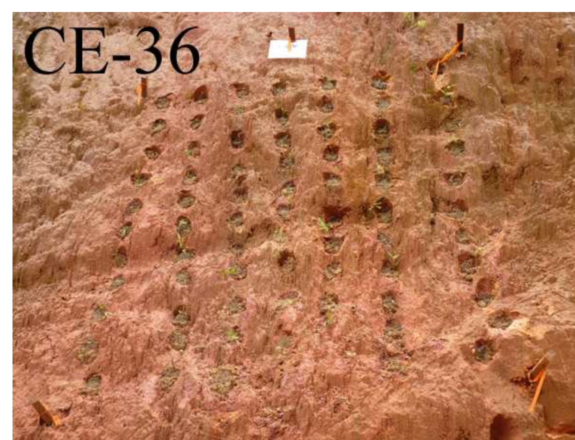
CE-30


CE-31

CE-32

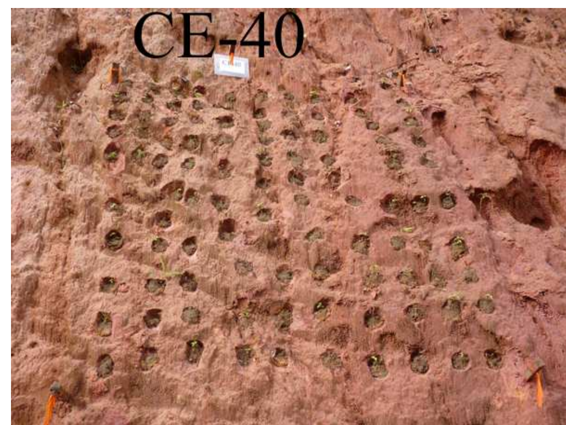
CE-33

CE-34

CE-35

CE-36


CE-37

CE-38

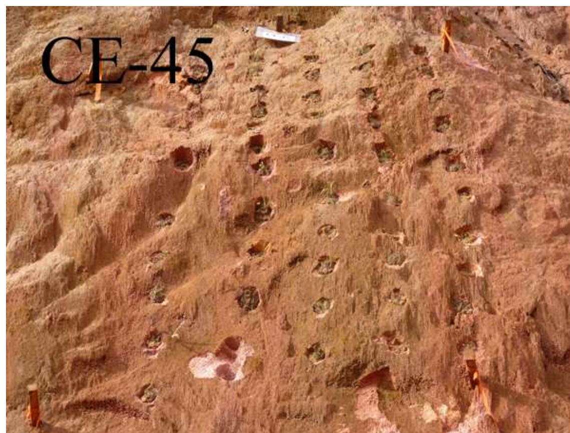
CE-39
CE-39

CE-40

CE-41

CE-42


CE-43


CE-44


CE-45